

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2001年 3月23日

出 願 番 号
Application Number:

特願2001-084905

[ST.10/C]:

[JP 2001-084905]

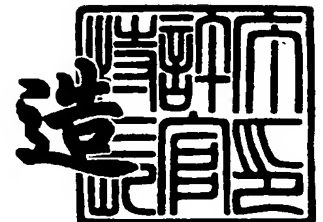
出 願 人
Applicant(s):

株式会社半導体エネルギー研究所

2002年 1月29日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2002-3002059

【書類名】 特許願

【整理番号】 P005609

【提出日】 平成13年 3月23日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

 【氏名】 山崎 舜平

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

 【氏名】 大谷 久

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

 【氏名】 荒井 康行

【特許出願人】

 【識別番号】 000153878

 【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

 【代表者】 山崎 舜平

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 002543

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 熱処理装置及び熱処理方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

加熱手段により加熱されたガスを熱源として基板を加熱する熱処理装置であって、ガス供給手段が熱交換器を介して第 1 のガス加熱手段の導入口と接続し、第 1 の処理室の導入口が前記第 1 のガス加熱手段の排出口と接続し、前記第 1 の処理室の排出口が第 2 のガス加熱手段と導入口と接続し、第 2 の処理室の導入口が前記第 2 のガス加熱手段の排出口と接続し、前記第 2 の処理室の排出口が熱交換器に接続していることを特徴とする熱処理装置。

【請求項 2】

加熱手段により加熱されたガスを熱源として基板を加熱する熱処理装置であって、ガス供給手段から供給されるガスを熱交換器を介して第 1 の加熱手段に供給し、前記第 1 の加熱手段により加熱したガスを第 1 の処理室に供給し、前記第 1 の処理室に供給したガスを第 2 の加熱手段に供給し、前記第 2 の加熱手段により加熱したガスを第 2 の処理室に供給し、前記第 2 の処理室に供給したガスを熱交換器に供給して前記ガス供給手段から供給されるガスを加熱するための熱源として用いられていることを特徴とする熱処理装置。

【請求項 3】

加熱手段により加熱されたガスを熱源として基板を加熱する熱処理装置であって、 n 個 ($n > 2$) の処理室とガス加熱手段とを有し、第 m ($1 \leq m \leq (n - 1)$) の処理室の導入口が第 m のガス加熱手段の排出口と接続し、第 n の処理室の導入口が第 n のガス加熱手段の排出口と接続し、前記第 n の処理室の排出口が熱交換器に接続していることを特徴とする熱処理装置。

【請求項 4】

加熱手段により加熱されたガスを熱源として基板を加熱する熱処理装置であって、 n 個 ($n > 2$) の処理室とガス加熱手段とを有し、第 m ($1 \leq m \leq (n - 1)$) の加熱手段により加熱したガスを第 m の処理室に供給し、前記第 m の処理室に供給したガスを第 $m + 1$ の加熱手段により加熱して第 $m + 1$ の処理室に供給し

、第 n の処理室に供給したガスを熱交換器に供給し、ガス供給手段から供給されるガスを加熱するための熱源として用いられていることを特徴とする熱処理装置。

【請求項 5】

加熱手段により加熱されたガスを熱源として基板を加熱する熱処理装置であって、ガス供給手段と、複数の処理室を有し、前記複数の処理室は、ガス加熱手段を間に挿んでガス管により直列に接続されていることを特徴とする熱処理装置。

【請求項 6】

加熱手段により加熱されたガスを熱源として基板を加熱する熱処理装置であって、第 1 のガス供給手段と、ガス加熱手段と、複数の処理室を有し、第 1 のガス供給手段はガス加熱手段を介して前記複数の処理室を直列に連結する配管に接続し、前記第 2 のガス供給手段は、前記複数の処理室のそれぞれに並列に連結する配管に接続していることを特徴とする熱処理装置。

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一において、前記ガスは、窒素または希ガスであることを特徴とする熱処理装置。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一において、前記ガスは、還元性ガスであることを特徴とする熱処理装置。

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一において、前記ガスは、酸化性ガスであることを特徴とする熱処理装置。

【請求項 10】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一において、前記熱処理装置の最高加熱温度が 850℃であることを特徴とする熱処理装置。

【請求項 11】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一において、前記処理室は、石英又はセラミックスで形成されていることを特徴とする熱処理装置。

【請求項 12】

加熱手段により加熱されたガスを熱源として処理室に配置された基板を加熱する熱処理方法であって、ガス供給手段から熱交換器を介して第 1 のガス加熱手段にガスを供給し、第 1 のガス加熱手段によりガスを加熱し、加熱された当該ガスを第 1 の処理室に供給し、前記第 1 の処理室から排出されたガスを第 2 のガス加熱手段により加熱し、加熱された当該ガスを第 2 の処理室に供給し、前記第 2 の処理室から排出された排出されたガスを熱交換器に供給することを特徴とする熱処理方法。

【請求項 1 3】

加熱手段により加熱されたガスを熱源として処理室に配置された基板を加熱する熱処理方法であって、 n 個 ($n > 2$) の処理室とガス加熱手段によって、第 m ($1 \leq m \leq (n - 1)$) の加熱手段により加熱したガスを第 m の処理室に供給し、前記第 m の処理室に供給したガスを第 $m + 1$ の加熱手段により加熱して第 $m + 1$ の処理室に供給し、第 n の処理室に供給したガスを熱交換器に供給し、ガス供給手段から供給されるガスを加熱するための熱源として用い、前記 n 個の処理室に配置された基板を加熱することを特徴とする熱処理方法。

【請求項 1 4】

加熱手段により加熱されたガスを熱源として処理室に配置された基板を加熱する熱処理方法であって、第 1 のガス供給手段から熱交換器を介して第 1 のガス加熱手段にガスを供給し、第 1 のガス加熱手段によりガスを加熱し、加熱された当該ガスを第 1 の処理室に供給し、前記第 1 の処理室から排出されたガスを第 2 のガス加熱手段により加熱し、加熱された当該ガスを第 2 の処理室に供給する加熱期間と、第 2 のガス供給手段から加熱手段を介さずに前記第 1 の処理室及び第 2 の処理室にガスを供給して、当該処理室に配置された基板を冷却する冷却期間とを有することを特徴とする熱処理方法。

【請求項 1 5】

加熱手段により加熱されたガスを熱源として処理室に配置された基板を加熱する熱処理方法であって、 n 個 ($n > 2$) の処理室とガス加熱手段によって、第 1 のガス供給手段から供給される加熱用ガスを、第 m ($1 \leq m \leq (n - 1)$) の加熱手段により加熱したガスを第 m の処理室に供給し、前記第 m の処理室に供給し

たガスを第 $m+1$ の加熱手段により加熱して第 $m+1$ の処理室に供給し、第 n の処理室に供給したガスを熱交換器に供給し、ガス供給手段から供給されるガスを加熱するための熱源として用い、前記 n 個の処理室に配置された基板を加熱する加熱期間と、第2のガス供給手段から供給される冷却用ガスを、前記 n 個の処理室に供給して、当該処理室に配置された基板を冷却する冷却期間とを有することを特徴とする熱処理方法。

【請求項16】

請求項12乃至請求項15のいずれか一において、前記ガスは、窒素または希ガスを用いること特徴とする熱処理方法。

【請求項17】

請求項12乃至請求項15のいずれか一において、前記ガスは、還元性ガスを用いることを特徴とする熱処理方法。

【請求項18】

請求項12乃至請求項15のいずれか一において、前記ガスは、酸化性ガスを用いることを特徴とする熱処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、熱処理方法及びそれを適用した熱処理装置に関する。特に本発明は、加熱されたガスにより基板又は基板上の形成物を加熱する熱処理方法及び熱処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体装置の製造工程には、半導体又は半導体基板に対する酸化、拡散、ゲッタリング、イオン注入後の再結晶化などを目的とした熱処理が組み込まれている。これらの熱処理を行う装置の代表例として、ホットウォール型の横型又は縦型のファーンেসアニール炉が知られている。

【0003】

横型又は縦型のファーンেসアニール炉は、多数の基板を一括して処理するバッ

チ型の装置である。例えば、縦型のファーネスアニール炉は、石英で形成されたサセプタに基板を水平かつ平行に載置して、上下駆動するエレベータにより反応管への出し入れを行っている。ベルジャー型の反応管の外周部にはヒーターが設置され、当該ヒーターにより基板を加熱する構成となっている。その構成上、所定の加熱温度に達するまでの昇温時間及び、取り出し可能な温度まで冷却する降温時間は比較的長い時間が必要となっている。

【 0 0 0 4 】

しかしながら、集積回路に用いるMOSトランジスタなどは、素子の微細化に伴って極めて高い加工精度が要求されている。特に、浅い接合の形成には不純物の拡散を最低限にとどめる必要がある。前述のファーネスアニール炉のように昇温及び降温に時間がかかる工程は、浅い接合の形成を困難にしている。

【 0 0 0 5 】

瞬間熱アニール (Rapid Thermal Anneal:以下、RTAと記す) 法は急速加熱及び急速冷却を行う熱処理技術として開発されたものである。RTA法は赤外線ランプなどを用いて基板又は基板上の形成物を急速に加熱し、短時間で熱処理を行うことを可能としている。

【 0 0 0 6 】

一方、薄膜トランジスタ (Thin Film Transistor:以下、TFTという) は、ガラス基板上に直接集積回路形成することが可能な技術として注目されている。その技術は、液晶表示装置など新しい電子装置への応用開発が進められている。特に、ガラス基板上に形成した多結晶半導体膜にソース及びドレイン領域などの不純物領域を形成するTFTは、活性化や、歪みを緩和するための熱処理が必要となっている。しかし、ガラス基板は歪み点がせいぜい600～700℃程度であり、耐熱性が悪く、熱衝撃により簡単に割れてしまうという欠点を有している。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

従来の縦型又は横型のファーネスアニール炉では、集積回路を形成するための基板が半導体であれ、ガラス又はセラミックのような材料であれ、基板のサイズ

が大型化すると、熱処理温度の均一性を確保することが難しくなる。基板面内及び基板間の温度の均一性を確保するためには、反応管内に流すガスの流体としての特性から、水平かつ平行に載置する被処理基板の間隔（ピッチ）を広くする必要がある。例えば、基板の一边が500mmを超えると、基板間隔は30mm以上開ける必要があるとされている。

【0008】

従って、被処理基板が大型化すると、必然的に装置が大型化してしまう。また、大量の基板を一括して処理するため、それだけで重量が増し、被処理基板を載置するためのサセプタも強固なものとする必要がある。そのために、さらに重量が増し、被処理基板を搬出入する機械の動作も遅くなる。さらに、熱処理装置が占める床面積の増大のみでなく、床の耐荷重を確保するために建物の建築コストにまで影響を及ぼす。このように、装置の大型化は悪循環を及ぼす。

【0009】

一方、RTA法は枚葉式の処理が前提であり、装置の荷重が極端に増すということはない。しかし、被処理基板及びその上の形成物の特性により、加熱手段として用いるランプ光の吸収率に差異が生じる。例えば、ガラス基板上に金属配線のパターンが形成されている場合には、金属配線が優先的に加熱され、局所的に歪みが生じて、ひいてはガラス基板が割れてしまうといった現象が発生する。そのために、熱処理に当たっては、昇温速度を調整するなど複雑な制御が要求される。

【0010】

本発明は、上記問題点を解決することを目的とし、短時間の熱処理で半導体に添加した不純物元素の活性化や、ゲッタリング処理をする方法と、そのような熱処理を可能とする熱処理装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記問題点を解決するために本発明の熱処理装置の構成は、ガス供給手段が熱交換器を介して第1のガス加熱手段の導入口と接続し、第1の処理室の導入口が第1のガス加熱手段の排出口と接続し、第1の処理室の排出口が第2のガス加熱

手段と導入口と接続し、第 2 の処理室の導入口が第 2 のガス加熱手段の排出口と接続し、第 2 の処理室の排出口が熱交換器に接続し、加熱手段により加熱されたガスを熱源として基板を加熱する熱処理装置である。

【 0 0 1 2 】

上記構成の他に、ガス供給手段から供給されるガスを熱交換器を介して第 1 の加熱手段に供給し、第 1 の加熱手段により加熱したガスを第 1 の処理室に供給し、第 1 の処理室に供給したガスを第 2 の加熱手段に供給し、第 2 の加熱手段により加熱したガスを第 2 の処理室に供給し、第 2 の処理室に供給したガスを熱交換器に供給してガス供給手段から供給されるガスを加熱するための熱源として用い、加熱手段により加熱されたガスを熱源として基板を加熱する熱処理装置である。

【 0 0 1 3 】

処理室は内壁からの汚染を防ぐため石英又はセラミックで形成する。第 1 の処理室と第 2 の処理室とをガス管で接続し、加熱手段により加熱されたガスを第 1 の処理室から第 2 の処理室へ流すことにより、ガスを加熱するためのエネルギーを節約することができる。勿論、この間にガスの温度は低下するので、第 1 の処理室と第 2 の処理室との間にはガス加熱手段を設け、処理室間に流れるガスの温度が一定となるようにする。

【 0 0 1 4 】

ガス管で接続する処理室の数は任意なものとすることができる。即ち、本発明の熱処理装置の他の構成は、 n 個 ($n > 2$) の処理室とガス加熱手段とを有し、第 m ($1 \leq m \leq (n - 1)$) の処理室の導入口が第 m のガス加熱手段の排出口と接続し、第 n の処理室の導入口が第 n のガス加熱手段の排出口と接続し、第 n の処理室の排出口が熱交換器に接続し、加熱手段により加熱されたガスを熱源として基板を加熱する熱処理装置である。

【 0 0 1 5 】

上記構成の他に、 n 個 ($n > 2$) の処理室とガス加熱手段とを有し、第 m ($1 \leq m \leq (n - 1)$) の加熱手段により加熱したガスを第 m の処理室に供給し、第 m の処理室に供給したガスを第 $m + 1$ の加熱手段により加熱して第 $m + 1$ の処理

室に供給し、第nの処理室に供給したガスを熱交換器に供給し、ガス供給手段から供給されるガスを加熱するための熱源として用い、加熱手段により加熱されたガスを熱源として基板を加熱する熱処理装置である。

【0016】

また、ガス供給手段は、加熱用のガスとして、ガス加熱手段に接続する第1のガス供給手段と、冷却用のガスとして各処理室に接続する第2のガス供給手段とを備えた構成とすることができる。加熱用のガスと、冷却用のガスとを別系統として供給することにより、被処理体の加熱に要する時間と、冷却に要する時間とを短縮することができ、スループットを向上させることができる。

【0017】

このような本発明の熱処理装置の構成は、第1のガス供給手段と、ガス加熱手段と、複数の処理室を有し、第1のガス供給手段はガス加熱手段を介して複数の処理室を直列に連結する配管に接続し、前記第2のガス供給手段は、複数の処理室のそれぞれに並列に連結する配管に接続し、加熱手段により加熱されたガスを熱源として基板を加熱する熱処理装置である。

【0018】

加熱したガスで被処理基板を加熱することにより、被処理基板上に形成物の材質に影響されず、均一性良く加熱することができる。それにより、局所的な歪みを発生させることなく熱処理をすることが可能で、ガラスなども脆い基板でも急速加熱による熱処理を完遂することが容易となる。

【0019】

上記構成を備えた熱処理装置による熱処理方法は、ガス供給手段から熱交換器を介して第1のガス加熱手段にガスを供給し、第1のガス加熱手段によりガスを加熱し、加熱された当該ガスを第1の処理室に供給し、第1の処理室から排出されたガスを第2のガス加熱手段により加熱し、加熱された当該ガスを第2の処理室に供給し、第2の処理室から排出された排出されたガスを熱交換器に供給する、加熱手段により加熱されたガスを熱源として処理室に配置された基板を加熱する熱処理方法である。

【0020】

また、上記方法の他に、 n 個 ($n > 2$) の処理室とガス加熱手段によって、第 m ($1 \leq m \leq (n-1)$) の加熱手段により加熱したガスを第 m の処理室に供給し、第 m の処理室に供給したガスを第 $m+1$ の加熱手段により加熱して第 $m+1$ の処理室に供給し、第 n の処理室に供給したガスを熱交換器に供給し、ガス供給手段から供給されるガスを加熱するための熱源として用い、 n 個の処理室に配置された基板を加熱する熱処理方法である。

【0021】

また、上記方法の他に、第 1 のガス供給手段から熱交換器を介して第 1 のガス加熱手段にガスを供給し、第 1 のガス加熱手段によりガスを加熱し、加熱された当該ガスを第 1 の処理室に供給し、第 1 の処理室から排出されたガスを第 2 のガス加熱手段により加熱し、加熱された当該ガスを第 2 の処理室に供給する加熱期間と、第 2 のガス供給手段から加熱手段を介さずに前記第 1 の処理室及び第 2 の処理室にガスを供給して、当該処理室に配置された基板を冷却する冷却期間とを有する熱処理方法である。

【0022】

また、上記方法の他に、 n 個 ($n > 2$) の処理室とガス加熱手段によって、第 1 のガス供給手段から供給される加熱用ガスを、第 m ($1 \leq m \leq (n-1)$) の加熱手段により加熱したガスを第 m の処理室に供給し、第 m の処理室に供給したガスを第 $m+1$ の加熱手段により加熱して第 $m+1$ の処理室に供給し、第 n の処理室に供給したガスを熱交換器に供給し、ガス供給手段から供給されるガスを加熱するための熱源として用い、 n 個の処理室に配置された基板を加熱する加熱期間と、第 2 のガス供給手段から供給される冷却用ガスを、 n 個の処理室に供給して、当該処理室に配置された基板を冷却する冷却期間とを有する熱処理方法である。

【0023】

本発明において適用されるガスは、窒素または希ガスによる不活性気体、或いは水素などの還元性気体、或いは酸素、亜酸化窒素、二酸化窒素などの酸化性気体を適用することができる。

【0024】

窒素または希ガスによる不活性気体を用いれば、非晶質半導体膜の結晶化のための熱処理、ゲッタリングを目的とした熱処理、イオン注入又はイオンドーピング（質量分離することなくイオンを注入する方法）後の再結晶化及び活性化を目的とした熱処理に適用することができる。

【 0 0 2 5 】

水素などの還元性気体として、水素又は不活性気体で希釈された水素を用いると、半導体の欠陥（ダングリングボンド）を補償することを目的とした水素化処理を行うことができる。

【 0 0 2 6 】

酸素、亜酸化窒素、二酸化窒素などの酸化性気体を用いると、半導体基板又は半導体膜に酸化膜を形成することができる。

【 0 0 2 7 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。図 1 は本発明の熱処理方法を適用した熱処理装置の一実施形態を示す断面図である。本発明の熱処理装置には複数のガス供給手段と、複数のガス加熱手段と、複数の処理室と熱交換器が備えられている。

【 0 0 2 8 】

第 1 の加熱手段 1 0 6 と熱交換器 1 1 3 と第 1 のガス加熱手段 1 0 8 はガス管 1 0、1 1 により接続されている。第 1 の加熱手段 1 0 6 から供給されたガスは熱交換器 1 1 3 であらかじめ予熱をして第 1 の加熱手段 1 0 8 に供給する。第 1 に加熱手段 1 0 8 では所定の温度にガスを加熱する。

【 0 0 2 9 】

第 1 の加熱手段の排出口はガス管 1 2 により第 1 の処理室 1 0 1 に設けられた導入口に接続され、加熱されたガスを供給する。第 1 の処理室 1 0 1 内には基板保持手段 1 1 5 と、基板に加熱されたガスを吹き付けるシャワー板 1 1 6 が設けられている。また、供給されたガスは第 1 の処理室 1 0 1 に設けられた排出口から排出される。

【 0 0 3 0 】

処理室は加熱したガスを導入した際に壁材からの汚染を防ぐため、石英又はセラミックを用いて形成する。また、基板のサイズが大型化した場合には、そのサイズに合わせて石英で処理室を形成するのは難しいので、その場合にはセラミックを適用すれば良い。保持手段 1 1 5 の構造は基板との接触面積を極力小さくする構成とする。処理室 1 0 1 に供給されたガスは、シャワー板 1 1 6 を通過して基板に吹き付けられる。シャワー板 1 1 6 には細かい開口が所定の間隔で形成され、加熱されたガスが均一に基板に吹き付けられるようにされている。シャワー板 1 1 6 を設けることで基板の面積が大きくなっても均一性良く加熱することができる。

【 0 0 3 1 】

このような処理室の構成は、第 2 の処理室 1 0 2、第 3 の処理室 1 0 3、第 4 の処理室 1 0 4、第 5 の処理室 1 0 5 において同様である。

【 0 0 3 2 】

第 1 の処理室 1 0 1 に供給された加熱されたガスは基板保持手段 1 1 5 上に置かれた基板の加熱に利用され、その後、第 2 の処理室 1 0 2 に供給して再び基板の加熱に用いる。この過程でガスの温度は低下するので、第 2 の加熱手段 1 0 9 により所定の温度となるように制御する。ガス管 1 3 は第 1 の処理室 1 0 1 に設けられた排出口と第 2 の加熱手段 1 0 9 の導入口と接続し、ガス管 1 4 は第 2 の加熱手段 1 0 9 の排出口と第 2 の処理室 1 0 2 に設けられた導入口とを接続している。図示しないが、これらのガス管には保温手段が設けられていても良い。

【 0 0 3 3 】

同様にして、第 2 の処理室 1 0 2 に供給された加熱されたガスは、基板の加熱に利用された後、ガス管 1 5 により第 3 のガス加熱手段 1 1 0 に供給され、ガス管 1 6 により第 3 の処理室 1 0 3 に供給される。第 3 の処理室 1 0 3 に供給された加熱されたガスは、ガス管 1 7 により第 4 のガス加熱手段 1 1 1 に供給され、ガス管 1 8 により第 4 の処理室 1 0 4 に供給される。第 4 の処理室 1 0 4 に供給された加熱されたガスは、ガス管 1 9 により第 5 のガス加熱手段 1 1 2 に供給され、ガス管 2 0 により第 5 の処理室 1 0 5 に供給される。

【 0 0 3 4 】

ここで、第2の処理室102と第3の処理室103の間には第3のガス加熱手段110を間に挿んでガス管15、16により接続されている。第3の処理室103と第4の処理室104の間には第4のガス加熱手段111を間に挿んでガス管17、18により接続されている。第4の処理室104と第5の処理室105の間には第5のガス加熱手段112を間に挿んでガス管19、20により接続されている。

【0035】

このように、第1のガス供給手段106から供給されたガスは、ガス加熱手段により加熱され、第1の処理室から第5の処理室まで連続的に供給される。各処理室の間にはガス加熱手段が設けられ、各処理室に供給するガスの温度が同じになるようにしている。勿論、処理室の数は必要に応じて任意の数を設置すれば良く、本実施の形態で示す数に限定されるものではない。

【0036】

基板は一つの処理室に一枚ずつ設置する。各処理室をガス管で直列に接続して、連続的に加熱されたガスを流すことにより、使用するガスの量を節約することができ、また加熱に必要とするエネルギーを節約することができる。

【0037】

第2のガス供給手段107は複数個配置された各処理室に並列にガスを供給する配管22に接続されている。第2のガス供給手段107は加熱された処理室又は処理基板を冷却するために供給する。供給するのに適した温度は任意に設定するが、室温程度であっても構わない。供給されたガスはドレイン管23により処理室の外部へ排出される。

【0038】

熱交換器113は、第1のガス供給手段106により供給されるガスをあらかじめ予熱するために設けたものである。第5の処理室105から排出されたガスの熱により、第1のガス供給手段から供給されるガスを加熱する。第5の処理室105の設けられた排出口からガス管21により熱交換器113に接続されている。第5の処理室105から排出されたガスは排出されるが、この熱交換器を通すことにより冷却される。その熱により供給するガスを加熱する。こうして、ガ

スを加熱するために必要とするエネルギーを節約することができる。

【 0 0 3 9 】

この熱交換器の一例を図 4 に示す。熱交換器には高温のガスが流れ込み、図示するようなフィンが設けられた配管と、冷えた（通常は室温程度）ガスが流れ込み、同様にフィンが設けられた配管とが設置してある。その筐体 4 0 0 内には熱を伝達する媒質としてオイル 4 0 3 が充填されている。フィンは熱交換効率を向上させるために設けられ、このような構成により、高温のガスはオイル 4 0 3 に熱を伝達し、低温化されて排出される。その熱により低温のガスは熱交換器を通過することにより加熱される。ここでは、熱交換器の簡単な一例を示したが、本発明に熱処理装置に適用可能な熱交換器の構成は、図 4 に限定されず他の構成を採用しても良い。

【 0 0 4 0 】

図 3 は、ガス加熱手段及の構成の一例を示す。図 3 において、ガスを通過させるシリンダー 3 0 1 の内側に吸熱体 3 0 3 が設けられている。吸熱体 3 0 3 は、高純度のチタンやタングステン、又は炭化珪素や石英、珪素で形成されたものが採用される。シリンダー 3 0 1 は透光性の石英などで形成され、その外側に設けられた光源 3 0 2 の輻射により吸熱体 3 0 3 を加熱する。ガスは吸熱体 3 0 3 に接触して加熱されるが、光源をシリンダー 3 0 1 の外部に設けることにより汚染が防止され、通過させる気体の純度を維持することができる。筐体 3 0 0 の内側は真空に排気し、断熱効果を高めても良い。

【 0 0 4 1 】

次に、図 1 に示す構成の熱処理装置を用いた熱処理の手順の一例を示す。第 1 の処理室 1 0 1 ～第 5 の処理室 1 0 5 のそれぞれに基板が保持手段上に配置された後、第 1 のガス供給手段 1 0 6 からガスを供給する。各処理室内や配管内を置換するまでガスは加熱することなく暫く流す。その後、第 1 のガス加熱手段 1 0 8、第 2 のガス加熱手段 1 0 9、第 3 のガス加熱手段 1 1 0、第 4 のガス加熱手段 1 1 1、第 5 のガス加熱手段 1 1 2 によりガスを加熱する。加熱された処理室内のガスはシャワー板を介して基板に吹き付けられ、基板を加熱する。加熱されたガスは各処理室を一巡して熱交換器に供給される。そして、第 1 のガス供給手

段 1 0 6 から供給されるガスを暖める熱源として利用する。

【 0 0 4 2 】

所定の時間が経過した後、ガス加熱手段 1 0 8 ～ 1 1 2 によるガスの加熱を終了させる。そして、基板を冷却するために冷却用のガスを第 2 のガス供給手段 1 0 7 からガスを供給する。この冷却用ガスを流入させることにより、処理室内のガスの温度が低下して、基板の温度を下げることができる。その後、基板を取り出すことにより本発明の熱処理装置を用いた熱処理が終了する。

【 0 0 4 3 】

処理室と基板の大きさにより、処理室に挿入することができる基板の枚数は変化するが、一つの処理室に一枚の基板を挿入することを基本とすると、1 回の熱処理で処理できる基板の枚数は処理室の数で決まる。

【 0 0 4 4 】

また、使用するガスを節約し、熱効率を向上させるためには、処理室の内容積を可能な限り小さくすることが望ましい。処理室内の寸法は、基板の大きさと、基板を出し入れする搬送手段の動作範囲により決定される。搬送手段が基板を出し入れするためには 1 0 mm 程度の動作範囲を要求されるので、処理室の一方の寸法は、基板の厚さと搬送手段の最低動作範囲により決定される。

【 0 0 4 5 】

本発明の熱処理方法及びそれを適用した熱処理装置はバッチ式の処理を前提としているが、ガスを加熱して被処理基板を直接加熱するため比較的短時間で昇温させ、また、高温状態の被処理基板を室温程度のガスで冷却することにより速やかに降温させることができる。勿論、ガラスなど熱衝撃に弱い基板を用いる場合には注意が必要であるが、従来の R T A におけるように、ランプ光により数マイクロ秒～数秒の瞬間加熱とは異なり、急激な加熱により基板を破壊してしまうことはない。

【 0 0 4 6 】

加熱又は冷却に用いるガスは、熱処理の用途によって選択することができる。窒素または希ガスによる不活性気体を用いれば、非晶質半導体膜の結晶化のための熱処理、ゲッタリングを目的とした熱処理、イオン注入又はイオンドーピング

(質量分離することなくイオンを注入する方法)後の再結晶化及び活性化を目的とした熱処理に適用することができる。水素などの還元性気体として、水素又は不活性気体で希釈された水素を用いると、半導体の欠陥(ダングリングボンド)を補償することを目的とした水素化処理を行うことができる。酸素、亜酸化窒素、二酸化窒素などの酸化性気体を用いると、半導体基板又は半導体膜に酸化膜を形成することができる。

【 0 0 4 7 】

以上説明した、本発明の熱処理方法を適用した熱処理装置は、さまざまな被処理物の熱処理に適用することができる。例えば、集積回路を形成する半導体基板の熱処理、T F Tを形成した絶縁基板の熱処理、金属基板の熱処理などに適用することができる。例えば、T F Tを形成するガラス基板の熱処理に適用することができる。その基板のサイズは、6 0 0 × 7 2 0 mmのみでなく1 2 0 0 × 1 6 0 0 mmなどを適用したとしても、均一性よく基板を加熱することができる。また、基板を保持する治具を大型化する必要もない。

【 0 0 4 8 】

【実施例】

[実施例 1]

図 2 は本発明の熱処理装置の一実施例を示す。図 2 において第 1 の処理室 2 0 1 には第 1 のガス加熱手段 2 0 7 が対応して設けられ、第 2 の処理室 2 0 2 には第 2 のガス加熱手段 2 0 8 が対応して設けられ、第 3 の処理室 2 0 3 には第 1 のガス加熱手段 2 0 9 が対応して設けられ、第 4 の処理室 2 0 4 には第 1 のガス加熱手段 2 1 0 が対応して設けられている。また、第 1 のガス加熱手段 2 1 2、第 2 のガス加熱手段 2 0 6、熱交換器 2 1 1 が設けられ、これらの配管は実施の形態で説明する熱処理装置と同様な構成となっている。

【 0 0 4 9 】

第 1 のガス加熱手段 2 0 5 は加熱用のガスを供給する。第 2 のガス加熱手段 2 0 6 は冷却用のガスを供給するものである。

【 0 0 5 0 】

各処理室にはカセット 2 1 4 に保持された基板 2 1 5 が搬送手段 2 1 3 により

搬送され、保持手段 2 1 6 上に載置される。各処理室はゲートバルブの開閉により基板を出し入れする。

【0051】

図 5 は複数の処理室を備えた熱処理装置の構成を示している。処理室 5 0 1、5 0 2、第 1 のガス供給手段 5 0 6、5 0 9、第 2 のガス供給手段 5 0 7、5 1 0、ガス加熱手段 5 0 8、5 1 1 が設けられている。処理室 5 0 1、5 0 2 は複数段重ねられていても良く、それに対応してガス加熱手段が設けられている。そのような構成は図 2 を参照すれば良い。バッファークセット 5 0 3 は処理室から搬出した熱処理済みの基板を一端保持するものであり、ここで基板をさらに冷却する。カセット 5 0 5 a ~ 5 0 5 c は基板を保持及び輸送に際し適用されるものである。基板は搬送手段 5 0 4 により、カセット 5 0 5 a ~ 5 0 5 c、処理室 5 0 1、5 0 2、バッファークセット 5 0 3 間を移動させるために用いる。

【0052】

処理室の段数は、熱処理に要する時間と、搬送手段の動作速度（即ち基板を移動させられる可能な速度）により決めることができる。タクトタイムが 1 0 分程度であれば、処理室 5 0 1、5 0 2 には 3 ~ 1 0 段を設置することができる。

【0053】

図 5 は大量バッチ処理方式による熱処理装置の構成の一例を示したが、この構成及び配置に限定される必要はなく、その他任意の配置をとることも可能である。本実施例で示す熱処理装置は、バッチ処理の方式であり、加熱したガスにより被処理基板を加熱する方式なので、基板のサイズが大型化しても均一性良く熱処理をすることができる。例えば、一辺の長さが 1 0 0 0 mm を超える基板の熱処理に対しても適用することができる。

【0054】

このような本発明の熱処理方法及びそれを用いた熱処理装置の特徴は、被処理基板の形態や大きさの制約を受けない。枚葉処理により、被処理基板が大型化しても頑強なサセプタを必要とせず、その分だけ小型化を図ることができる。また、加熱手段も大規模なものは必要とせず、消費電力を節約することができる。

【0055】

[実施例 2]

半導体膜の結晶化及びゲッタリングに伴う熱処理を、本発明の熱処理方法及びそれを適用した熱処理装置を用いて行う一例を図 8 を用いて説明する。

【0056】

図 8 (A) において、基板 600 はその材質に特段の限定はないが、好ましくはバリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラス、或いは石英などを用いることができる。基板 600 の表面には、ブロッキング層 601 として無機絶縁膜を 10～200 nm の厚さで形成する。好適なブロッキング層の一例は、プラズマ CVD 法で作製される酸化窒化シリコン膜であり、 SiH_4 、 NH_3 、 N_2O から作製される第 1 酸化窒化シリコン膜を 50 nm の厚さに形成し、 SiH_4 と N_2O から作製される第 2 酸化窒化シリコン膜を 100 nm の厚さに形成したものを適用する。ブロッキング層 601 はガラス基板に含まれるアルカリ金属がこの上層に形成する半導体膜中に拡散しないために設けるものであり、石英を基板とする場合には省略することも可能である。

【0057】

ブロッキング層 601 の上に形成する非晶質構造を有する半導体膜（第 1 の半導体膜）602 は、シリコンを主成分とする半導体材料を用いる。代表的には、非晶質シリコン膜又は非晶質シリコンゲルマニウム膜などが適用され、プラズマ CVD 法や減圧 CVD 法、或いはスパッタ法で 10～100 nm の厚さに形成する。良質な結晶を得るためには、非晶質構造を有する半導体膜 602 に含まれる酸素、窒素などの不純物濃度を $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以下に低減させておくことが望ましい。これらの不純物は非晶質半導体の結晶化を妨害する要因となり、また結晶化後においても捕獲中心や再結合中心の密度を増加させる要因となる。そのために、高純度の材料ガスを用いることはもとより、反応室内の鏡面処理（電界研磨処理）やオイルフリーの真空排気系を備えた超高真空対応の CVD 装置を用いることが望ましい。

【0058】

その後、非晶質構造を有する半導体膜 602 の表面に、結晶化を促進する触媒作用のある金属元素を添加する。半導体膜の結晶化を促進する触媒作用のある金

属元素としては鉄 (Fe)、ニッケル (Ni)、コバルト (Co)、ルテニウム (Ru)、ロジウム (Rh)、パラジウム (Pd)、オスミウム (Os)、イリジウム (Ir)、白金 (Pt)、銅 (Cu)、金 (Au) などであり、これらから選ばれた一種または複数種を用いることができる。代表的にはニッケルを用い、重量換算で 1 ~ 1 0 0 ppm のニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液をスピナーで塗布して触媒含有層 5 0 3 を形成する。ニッケルの含有量が多い程短時間で結晶化を遂行することができる。

【 0 0 5 9 】

この場合、当該溶液の馴染みをよくするために、非晶質構造を有する半導体膜 6 0 2 の表面処理として、オゾン含有水溶液で極薄い酸化膜を形成し、その酸化膜をフッ酸と過酸化水素水の混合液でエッチングして清浄な表面を形成した後、再度オゾン含有水溶液で処理して極薄い酸化膜を形成しておく。シリコンなど半導体膜の表面は本来疎水性なので、このように酸化膜を形成しておくことにより酢酸ニッケル塩溶液を均一に塗布することができる。

【 0 0 6 0 】

勿論、触媒含有層 6 0 3 はこのような方法に限定されず、スパッタ法、蒸着法、プラズマ処理などにより形成しても良い。また、触媒含有層 6 0 3 は非晶質構造を有する半導体膜 6 0 2 を形成する前、即ちブロッキング層 6 0 1 上に形成しておいても良い。

【 0 0 6 1 】

非晶質構造を有する半導体膜 6 0 2 と触媒含有層 6 0 3 とを接触した状態を保持したまま結晶化のための熱処理を行う。熱処理は図 1 で示す構成の熱処理装置を用いる。図 6 はその熱処理の過程を説明するグラフであり、以下そのグラフを参照してこの熱処理過程を説明する。

【 0 0 6 2 】

加熱用のガスには窒素、アルゴンなどを用いることができる。非晶質半導体膜が形成された基板 6 0 0 は搬送手段によりカセットから反応管内にセットされ、その後ゲートバルブを閉じる。その間、反応管内にはガス供給手段から窒素が供給され続け、外気の混入が最小限となるよう配慮しておく。ゲートバルブを閉じ

た後、その窒素流量を増加させ、反応管内を窒素で充満させ置換する。

【0063】

そして、窒素流量を増加させ、ガス加熱手段により供給される窒素ガスを第1の温度に加熱する。加熱する温度は発熱体に供給する電力、或いはその電力と窒素の供給量により調節することができる。ここでは、第1の温度として $550 \pm 50^{\circ}\text{C}$ とし基板を加熱する（図6で示す昇温1の段階）。この温度に昇温するために必要な時間は2分で済む。

【0064】

基板が第1の温度になったら、その状態を3分保持する。この段階で、非晶質半導体膜に結晶核が形成される（図6で示す核形成の段階）。その後、結晶化をするために第2の温度に加熱する。加熱用の窒素ガスを $675 \pm 25^{\circ}\text{C}$ にして基板を加熱する（図6で示す昇温2の段階）。第2の温度に達したらその温度を5分間保持して結晶化を行う（図6で示す結晶化の段階）。勿論、これまでの期間、加熱用の窒素ガスは供給を続ける。

【0065】

所定の時間が過ぎたら、加熱用の窒素ガスの供給を止め、冷却用の窒素ガスを供給する。それは室温程度で窒素ガスで良い。すると基板は急速に冷却される（図6で示す降温の段階）。この時間は3分程度である。 300°C 程度まで基板が冷えたら搬送手段により基板を処理室から取り出し、パツプファーカセットに基板を移載する。ここでさらに 150°C 以下にまで基板を冷却する図8で示す移載の段階）。その後、カセットに基板を移載することにより結晶化のための熱処理が終了する。

【0066】

基板を熱処理装置に搬入し、熱処理してから取り出すまでの時間は13分である。このように本発明の熱処理装置及び熱処理方法を用いることにより、結晶化のための熱処理をきわめて短時間で行うことができる。

【0067】

こうして、図8（B）に示す結晶構造を有する半導体膜（第1の半導体膜）604を得ることができる。

【 0 0 6 8 】

さらに結晶化率（膜の全体積における結晶成分の割合）を高め、結晶粒内に残される欠陥を補修するためには、図 8（C）で示すように結晶構造を有する半導体膜 6 0 4 に対してレーザー光を照射することも有効である。レーザーには波長 4 0 0 nm 以下のエキシマレーザー光や、YAG レーザーの第 2 高調波、第 3 高調波を用いる。いずれにしても、繰り返し周波数 1 0 ～ 1 0 0 0 Hz 程度のパルスレーザー光を用い、当該レーザー光を光学系にて 1 0 0 ～ 4 0 0 mJ/cm² に集光し、9 0 ～ 9 5 % のオーバーラップ率をもって結晶構造を有する半導体膜 6 0 4 に対するレーザー処理を行っても良い。

【 0 0 6 9 】

このようにして得られる結晶構造を有する半導体膜（第 1 の半導体膜） 6 0 5 には、触媒元素（ここではニッケル）が残存している。それは膜中において一様に分布していないにしろ、平均的な濃度とすれば、 $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ を越える濃度で残存している。勿論、このような状態でも T F T をはじめ各種半導体素子を形成することが可能であるが、以降に示す方法でゲッタリングにより当該元素を除去する。

【 0 0 7 0 】

まず、図 8（D）に示すように結晶構造を有する半導体膜 6 0 5 の表面に薄いバリア層 6 0 6 を形成する。バリア層の厚さは特に限定されないが、簡便にはオゾン水で処理することにより形成されるケミカルオキサイドで代用しても良い。また、硫酸、塩酸、硝酸などと過酸化水素水を混合させた水溶液で処理しても同様にケミカルオキサイドを形成することができる。他の方法としては、酸化雰囲気中でのプラズマ処理や、酸素含有雰囲気中での紫外線照射によりオゾンが発生させて酸化処理を行っても良い。また、クリーンオープンを用い、2 0 0 ～ 3 5 0 °C 程度に加熱して薄い酸化膜を形成しバリア層としても良い。或いは、プラズマ C V D 法やスパッタ法、蒸着法などで 1 ～ 5 nm 程度の酸化膜を堆積してバリア層としても良い。

【 0 0 7 1 】

その上にプラズマ C V D 法やスパッタ法で半導体膜（第 2 の半導体膜） 6 0 7

を 25 ~ 250 nm の厚さで形成する。代表的には非晶質シリコン膜を選択する。この半導体膜 607 は後に除去するので、結晶構造を有する半導体膜 605 とエッチングの選択比を高くするため、密度の低い膜としておくことが望ましい。例えば、非晶質シリコン膜をプラズマ CVD 法で形成する場合には、基板温度を 100 ~ 200 °C 程度として、膜中に水素を 25 ~ 40 原子% 含ませしておく。スパッタ法を採用する場合も同様であり、基板温度を 200 °C 以下としてアルゴンと水素の混合ガスでスパッタすることにより水素を多量に膜中に含ませることができる。また、スパッタ法やプラズマ CVD 法で成膜時に希ガス元素を添加させておくと、膜中に希ガス元素を同時に取り込ませることができる。こうして取り込まれる希ガス元素をもっても、ゲッタリングサイトを形成することができる。

【0072】

その後、イオンドープ法又はイオン注入法により、半導体膜 607 に希ガス元素が $1 \times 10^{20} \sim 2.5 \times 10^{22} / \text{cm}^3$ の濃度で含まれるように添加する。加速電圧は任意なものとするが、希ガス元素であるため注入される希ガスのイオンが半導体膜 607 とバリア層 606 を通り抜け、一部が結晶構造を有する半導体膜 605 にまで達しても構わない。希ガス元素は半導体膜中でそれ自体は不活性であるため、半導体膜 605 の表面近傍において $1 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 程度の濃度で含まれている領域があっても、素子特性にさほど影響はない。また、半導体膜 607 を形成する段階で希ガス元素を添加しておいても良い。

【0073】

希ガス元素としてはヘリウム (He)、ネオン (Ne)、アルゴン (Ar)、クリプトン (Kr)、キセノン (Xe) から選ばれた一種または複数種を用いる。本発明はゲッタリングサイトを形成するためにこれら希ガス元素をイオンソースとして用い、イオンドープ法或いはイオン注入法で半導体膜に注入する。これら希ガス元素のイオンを注入する意味は二つある。一つは注入によりダングリングボンドを形成し半導体膜に歪みを与えることであり、他の一つは半導体膜の格子間に当該イオンを注入することで歪みを与えることである。不活性ガスのイオンを注入はこの両者を同時に満たすことができるが、特に後者はアルゴン (Ar)、クリプトン (Kr)、キセノン (Xe) などシリコンより原子半径の大きな

元素を用いた時に顕著に得られる。

【 0 0 7 4 】

ゲッターリングを確実に成し遂げるにはその後熱処理をすることが必要となる。図 7 はその熱処理の過程を説明するグラフであり、以下そのグラフを参照してこの熱処理過程を説明する。熱処理は同様に本発明の熱処理装置を用いる。また、多数の基板を効率良く処理するためには図 5 のように構成した装置を用いることが望ましい。加熱用のガスには窒素、アルゴンなどを用いることができる。

【 0 0 7 5 】

加熱用のガスには窒素、アルゴンなどを用いることができる。図 8 (D) の構造が形成された基板 6 0 0 は搬送手段によりカセットから反応管内にセットされ、その後ゲートバルブを閉じる。その間、反応管内にはガス供給手段から窒素が供給され続け、外気の混入が最小限となるよう配慮しておく。ゲートバルブを閉じた後、その窒素流量を増加させ、反応管内を窒素で充満させ置換する。

【 0 0 7 6 】

そして、窒素流量を増加させ、ガス加熱手段により供給される窒素ガスを第 3 の温度に加熱する。加熱する温度は発熱体に供給する電力、或いはその電力と窒素の供給量により調節することができる。ここでは、第 3 の温度として $675 \pm 25^{\circ}\text{C}$ とし、基板を加熱する (図 7 で示す昇温の段階)。この温度に昇温するのに必要な時間は 2 分である。

【 0 0 7 7 】

基板が第 3 の温度になったら、その状態を 3 分保持する。これによりゲッターリングが成される (図 7 で示すゲッターリングの段階)。ゲッターリングは、被ゲッターリング領域 (捕獲サイト) にある触媒元素が熱エネルギーにより放出され、拡散によりゲッターリングサイトに移動する。従って、ゲッターリングは処理温度に依存し、より高温であるほど短時間でゲッターリングが進むことになる。図 6 (E) において矢印で示すように、触媒元素が移動する方向は半導体膜の厚さ程度の距離であり、ゲッターリングは比較的短時間で完遂する。

【 0 0 7 8 】

所定の時間が過ぎたら、加熱用の窒素ガスの供給を止め、冷却用の窒素ガスを

供給する。それは室温程度の窒素ガスで良い。すると基板は急速に冷却される（図 7 で示す降温の段階）。この時間は 3 分程度である。300℃程度まで基板が冷えたら搬送手段により基板を処理室から取り出し、バッファークセットに基板を移載する。ここでさらに 150℃以下にまで基板を冷却する（図 7 で示す移載の段階）。その後、カセットに基板を移載することによりゲッタリングのための熱処理が終了する。

【0079】

基板を熱処理装置に搬入し、熱処理してから取り出すまでの時間は 9 分である。このように本発明の熱処理装置及び熱処理方法を用いることにより、ゲッタリングのための熱処理をきわめて短時間で行うことができる。

【0080】

尚、この熱処理によっても $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 以上の濃度で希ガス元素を含む半導体膜 607 は結晶化することはない。これは、希ガス元素が上記処理温度の範囲においても再放出されず膜中に残存して、半導体膜の結晶化を阻害するためであると考えられる。

【0081】

その後、非晶質半導体 607 を選択的にエッチングして除去する。エッチングの方法としては、 CF_3 によるプラズマを用いないドライエッチング、或いはヒドラジンや、テトラエチルアンモニウムハイドロオキシド（化学式 $(\text{CH}_3)_4\text{NOH}$ ）を 20～30%、好ましくは 25% の濃度含む水溶液を用い、50℃に加熱して行うことにより容易に除去することができる。この時バリア層 606 はエッチングストッパーとなり、殆どエッチングされずに残る。バリア層 606 はその後フッ酸により除去すれば良い。

【0082】

こうして図 6 (F) に示すように触媒元素の濃度が $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下にまで減じられた結晶構造を有する半導体膜 608 を得ることができる。こうして形成された結晶構造を有する半導体膜 608 は、触媒元素の作用により細い棒状又は細い扁平棒状結晶として形成され、その各々の結晶は巨視的に見ればある特定の方向性をもって成長している。このような結晶構造を有する半導体膜 608 は T

F Tの活性層のみでなく、フォトセンサや太陽電池の光電変換層にも適用することができる。

【 0 0 8 3 】

[実施例 3]

実施例 2 により作製される半導体膜を用いて T F T を作製する方法を図 9 を用いて説明する。本実施例にて説明する T F T の作製工程においても本発明の熱処理方法及び熱処理装置を用いることができる。

【 0 0 8 4 】

まず、図 9 (A) において、アルミノホウケイ酸ガラスまたはバリウムホウケイ酸ガラスなどによる透光性の基板 7 0 0 上に実施例 2 で作製された半導体膜から、島状に分離された半導体膜 7 0 2 、 7 0 3 を形成する。また、基板 7 0 0 と半導体膜との間には、窒化シリコン、酸化シリコン、窒化酸化シリコンから選ばれた一つまたは複数種を組み合わせた第 1 絶縁膜 7 0 1 を 5 0 ~ 2 0 0 nm の厚さで形成する。

【 0 0 8 5 】

その後、図 7 (B) に示すように、そして、第 2 絶縁膜 7 0 4 を 8 0 nm の厚さで形成する。第 2 絶縁膜 7 0 4 はゲート絶縁膜として利用するものであり、プラズマ C V D 法またはスパッタ法を用いて形成する。第 2 絶縁膜 7 0 4 として、 SiH_4 と N_2O に O_2 を添加させて作製する酸化窒化シリコン膜は膜中の固定電荷密度を低減させることが可能となり、ゲート絶縁膜として好ましい材料である。勿論、ゲート絶縁膜はこのような酸化窒化シリコン膜に限定されるものでなく、酸化シリコン膜や酸化タンタル膜などの絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。

【 0 0 8 6 】

第 2 絶縁膜 7 0 4 上にゲート電極を形成するための第 1 導電膜を形成する。第 1 導電膜の種類に限定はないが、アルミニウム、タンタル、チタン、タンゲステン、モリブデンなどの導電性材料またはこれらの合金を適用することができる。このような材料をもちいたゲート電極の構造は、窒化タンタル又は窒化チタンとタンゲステン又はモリブデンタンゲステン合金の積層構造、タンゲステンとアル

ミニウム又は銅の積層構造などを採用することができる。アルミニウムを用いる場合には、耐熱性を高めるためにチタン、スカンジウム、ネオジウム、シリコン、銅などを0.1～7重量%添加したものをを用いる。第1の導電膜は300nmの厚さで形成する。

【0087】

その後、レジストパターンを形成し、ゲート電極705、706を形成する。また、図示しないが、ゲート電極に接続する配線も同時に形成することができる。

【0088】

図7(C)に示すように、このゲート電極をマスクとして、自己整合的にn型半導体領域を形成する。ドーピングはイオン注入法又はイオンドーピング法（ここでは、質量分離しないイオンを注入する方法をいう）でリンを注入する。この領域のリン濃度は $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ の範囲となるようにする。

【0089】

続いて、図7(D)に示すように一方の半導体膜703を覆うマスク709を形成し、半導体膜702にp型半導体領域710を形成する。添加する不純物は硼素を用い、n型を反転するためにリンよりも1.5～3倍の濃度で添加する。この領域のリン濃度は $1.5 \times 10^{20} \sim 3 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ の範囲となるようにする。

【0090】

その後、図7(E)に示すように酸化窒化シリコン膜または窒化シリコン膜から成る第3絶縁膜711をプラズマCVD法で50nmの厚さに形成する。

【0091】

そして、n型及びp型の半導体領域の結晶性の回復と、活性化のために熱処理を行う。熱処理は実施例2の図7とほぼ同様に行う。活性化に適した第4の温度は $450 \pm 50^\circ\text{C}$ であり、1～10分の熱処理を行えば良い。

【0092】

加熱用のガスには窒素、アルゴンなどを用いることができる。活性化は、ガスを 500°C の温度に加熱して、3分の熱処理を行う。また、ガスに水素を添加した還元雰囲気としても良い。添加した水素により水素化を同時に行うこともでき

る。

【0093】

基板を熱処理装置に搬入し、熱処理してから取り出すまでの時間は、昇温に要する時間を2分、冷却に必要な時間を3分としても8～9分程度である。このように本発明の熱処理装置及び熱処理方法を用いることにより、活性化のための熱処理をきわめて短時間で行うことができる。

【0094】

ガラス基板上にゲート電極が形成された状態でRTA法による熱処理を行った場合には、ゲート電極がランプ光の輻射を選択的に吸収して、局所的に加熱されガラス基板を破損してしまう場合がある。本発明による熱処理はガスによる加熱であるためそのような影響がない。

【0095】

図9（F）に示す第4絶縁膜712は、酸化シリコン膜、酸化窒化シリコンで形成する。または、ポリイミドまたはアクリルなどの有機絶縁物材料で形成し表面を平坦化しても良い。

【0096】

次いで、第4絶縁膜712の表面から各半導体膜の不純物領域に達するコンタクトホールを形成し、Al、Ti、Taなどを用いて配線を形成する。図9（F）において713、714はソース線またはドレイン電極となる。こうしてnチャネル型TFTとpチャネル型TFTを形成することができる。ここではそれぞれのTFTを単体として示しているが、これらのTFTを使ってCMOS回路やNMOS回路、PMOS回路を形成することができる。

【0097】

[実施例4]

本発明の熱処理方法及それを適用した熱処理装置において、加熱するガスに不活性ガスと、酸素、亜酸化窒素、二酸化窒素から選ばれた一種を混合し、酸化性ガスとすることで、半導体の表面に酸化膜を形成することが可能である。

【0098】

図10はその一例であり、加熱用のガスとして窒素に酸素を1～30%混合し

、700～850℃の熱処理を行うことにより、単結晶シリコン基板に素子分離用のフィールド酸化膜やゲート絶縁膜を形成することができる。

【0099】

図10（A）において、比較的高抵抗（例えば、n型、10Ωcm程度）の単結晶シリコンから成る基板801に、nウエル802、pウエル803を形成する。その後、フィールド酸化膜805を加熱用のガスとして酸素と窒素の混合ガスを用い、本発明の熱処理方法を用いて形成する。このとき、ボロン（B）を選択的にイオン注入法により半導体基板に導入し、チャネルストッパーを形成しても良い。加熱温度は700～850℃とする。

【0100】

そして、同様にゲート絶縁膜となる酸化シリコン膜806の形成を行う。フィールド酸化膜805、酸化シリコン膜806の形成に用いる装置は、図1に示す構成の装置を用いる。

【0101】

続いて、図10（B）で示すようにゲート用の多結晶シリコン膜をCVD法により100～300nmの厚さで形成する。このゲート用の多結晶シリコン膜は、低抵抗化するために予め $10^{21}/\text{cm}^3$ 程度の濃度でリン（P）をドーピングしておいても良いし、多結晶シリコン膜を形成した後で濃いn型不純物を拡散させても良い。ここでは、さらに低抵抗化するためにこの多結晶シリコン膜上にシリサイド膜を50～300nmの厚さで形成する。シリサイド材料は、モリブデンシリサイド（ MoSi_x ）、タングステンシリサイド（ WSi_x ）、タンタルシリサイド（ TaSi_x ）、チタンシリサイド（ TiSi_x ）などを適用することが可能であり、公知の方法に従い形成すれば良い。そして、この多結晶シリコン膜とシリサイド膜をエッチングしてゲート807、808を形成する。ゲート807、808は、多結晶シリコン膜807a、808aとシリサイド膜807b、808bの2層構造を有している。

【0102】

その後、図10（C）に示すように、イオン注入法によりnチャネル型MOSトランジスタのソース及びドレイン領域820、pチャネル型MOSトランジスタ

タのソース及びドレイン領域 8 2 4 を形成する。勿論、これらのソース及びドレイン領域の再結晶化及び活性化を目的とした熱処理にも本発明の熱処理方法及び熱処理装置を適用することができる。加熱温度は 7 0 0 ~ 8 5 0 °C、好ましくは 8 5 0 °C となるように加熱用の窒素ガスを加熱手段により加熱する。この熱処理によって、不純物が活性化し、ソース・ドレイン領域の低抵抗化が図られる。

【 0 1 0 3 】

このようにして、nチャネル型MOSトランジスタ 3 3 1 と pチャネル型MOSトランジスタ 3 3 0 が完成する。本実施形態で説明したトランジスタの構造はあくまで一実施形態であり、図 1 0 に示した作製工程及び構造に限定される必要はない。これらのトランジスタを使ってCMOS回路やNMOS回路、PMOS回路を形成することができる。また、シフトレジスタ、バッファ、サンプリング、D/Aコンバータ、ラッチ、などの各種回路を形成することが可能であり、メモリ、CPU、ゲートアレイ、RISCなどの半導体装置を作製することができる。そしてこのような回路は、MOSで構成されることにより高速動作が可能であり、また、駆動電圧を 3 ~ 5 V として低消費電力化をすることもできる。

【 0 1 0 4 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、被処理基板の熱処理を、被処理基板の形態や大きさの制約を受けることはなく、被処理基板が大型化しても頑強なセブタを必要とせず、その分だけ小型化を図ることができる。本発明の熱処理方法及びそれを適用した熱処理装置は、バッチ処理の方式であり、加熱したガスにより被処理基板を加熱する方式なので、基板のサイズが大型化しても均一性良く熱処理をすることができ、一辺の長さが 1 0 0 0 mm を超える基板の熱処理に対しても適用することができる。そのための、加熱手段も大規模なものは必要としないで済む。

【 0 1 0 5 】

被処理基板に対する熱処理は、非晶質半導体膜の結晶化、ゲッタリング、不純物の活性化、水素化、半導体表面の酸化などを短時間で行うことができる。このような処理を半導体素子の製造工程に組み入れることにより、大面積基板に集積

回路を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の熱処理方法を適用した熱処理装置の一実施形態を示す断面構造図。

【図 2】 本発明の熱処理方法を適用した熱処理装置の一実施形態を示す断面構造図。

【図 3】 本発明の熱処理装置に適用可能なガス加熱手段の一例を説明する図。

【図 4】 本発明の熱処理装置に適用可能な熱交換器の一例を説明する図。

【図 5】 本発明の熱処理方法を適用した熱処理装置の一実施形態を示すレイアウト図。

【図 6】 本発明の熱処理方法を用いた結晶化工程における基板温度の変化を説明するグラフ。

【図 7】 本発明の熱処理方法を用いたゲッタリング工程における基板温度の変化を説明するグラフ。

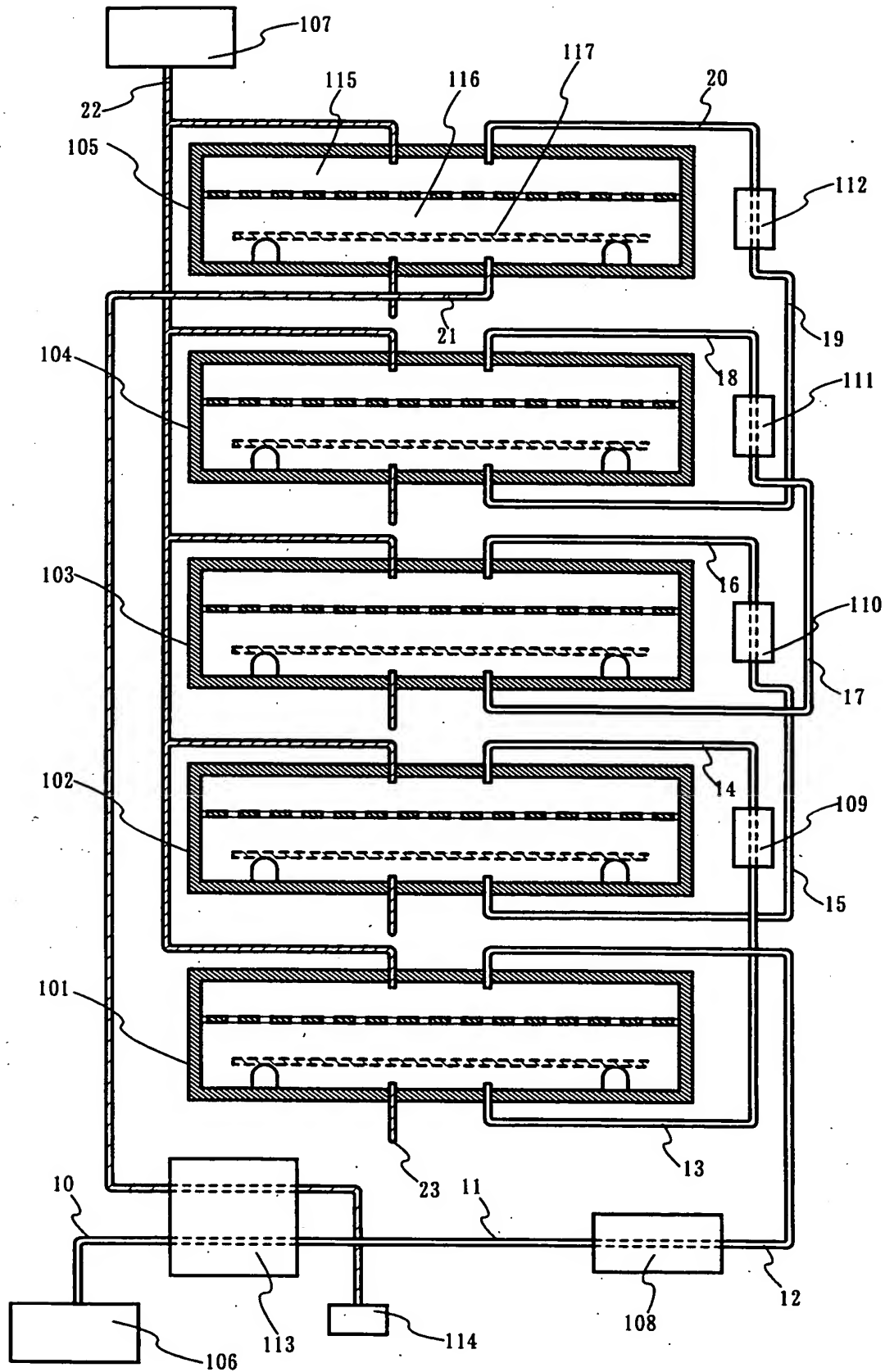
【図 8】 本発明の熱処理方法及び熱処理装置を適用した、半導体膜を作製工程を説明する断面図。

【図 9】 本発明の熱処理方法及び熱処理装置を適用した、T F T を作製工程を説明する断面図。

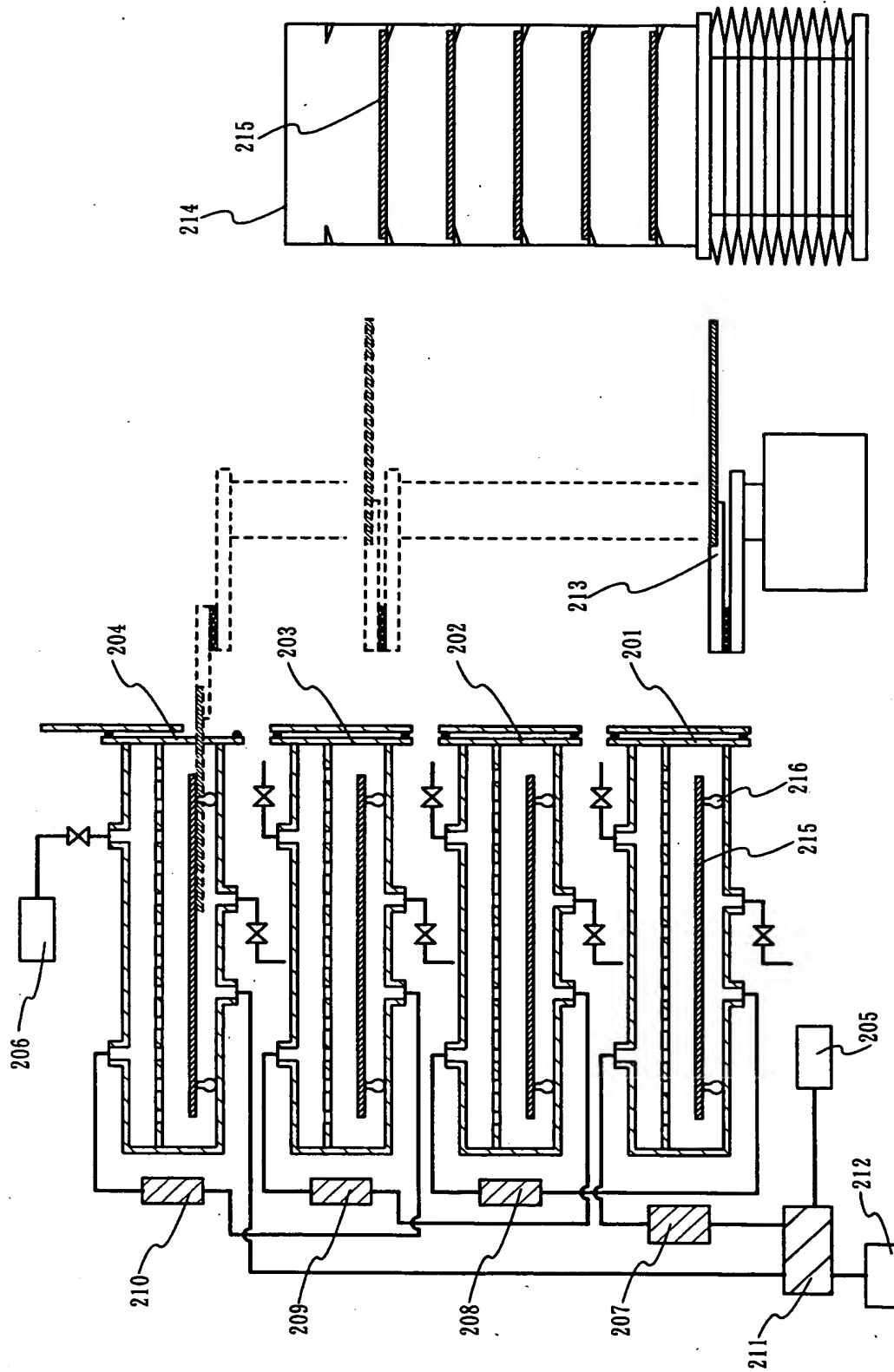
【図 1 0】 本発明の熱処理方法及び熱処理装置を適用した、半導体基板の熱処理工程を説明する断面図。

【書類名】 図面

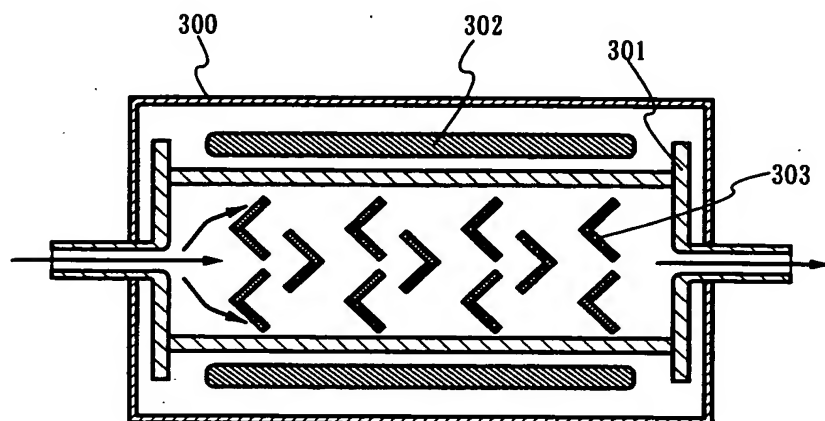
【図1】



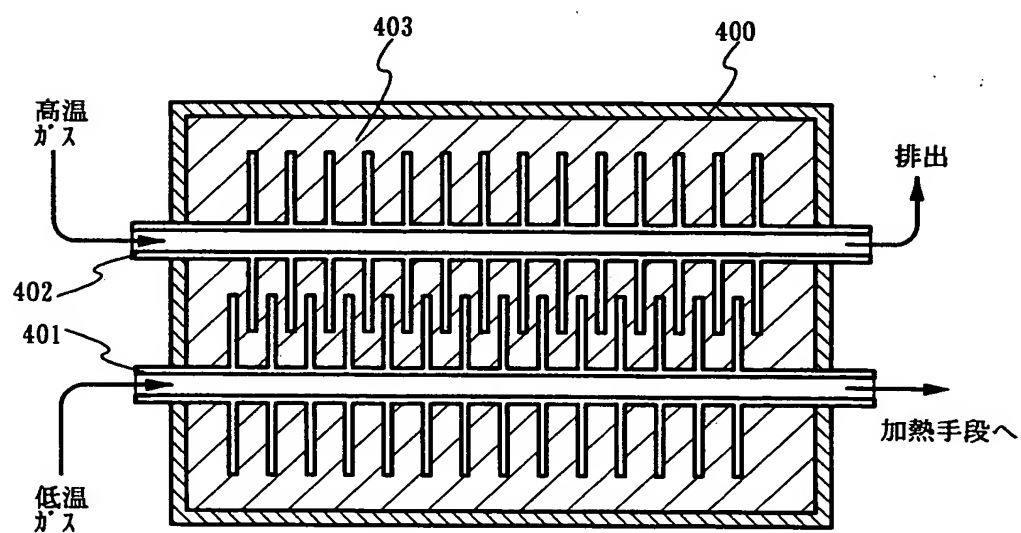
【図 2】



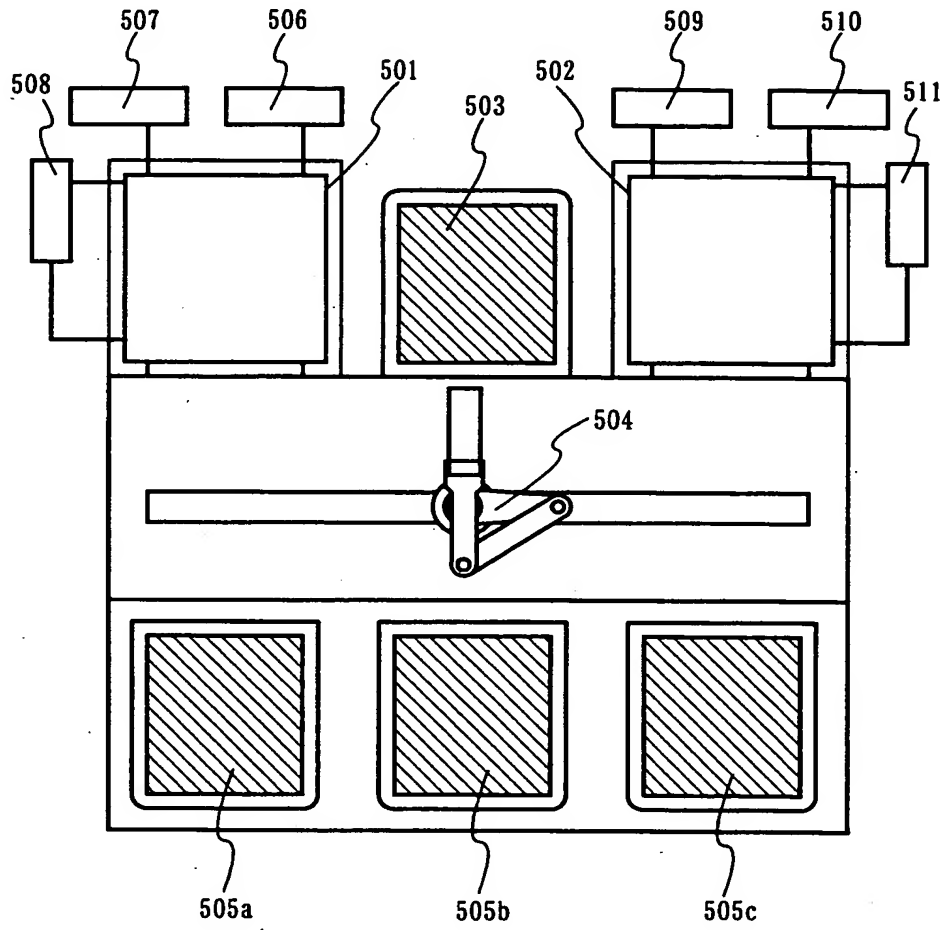
【図 3】



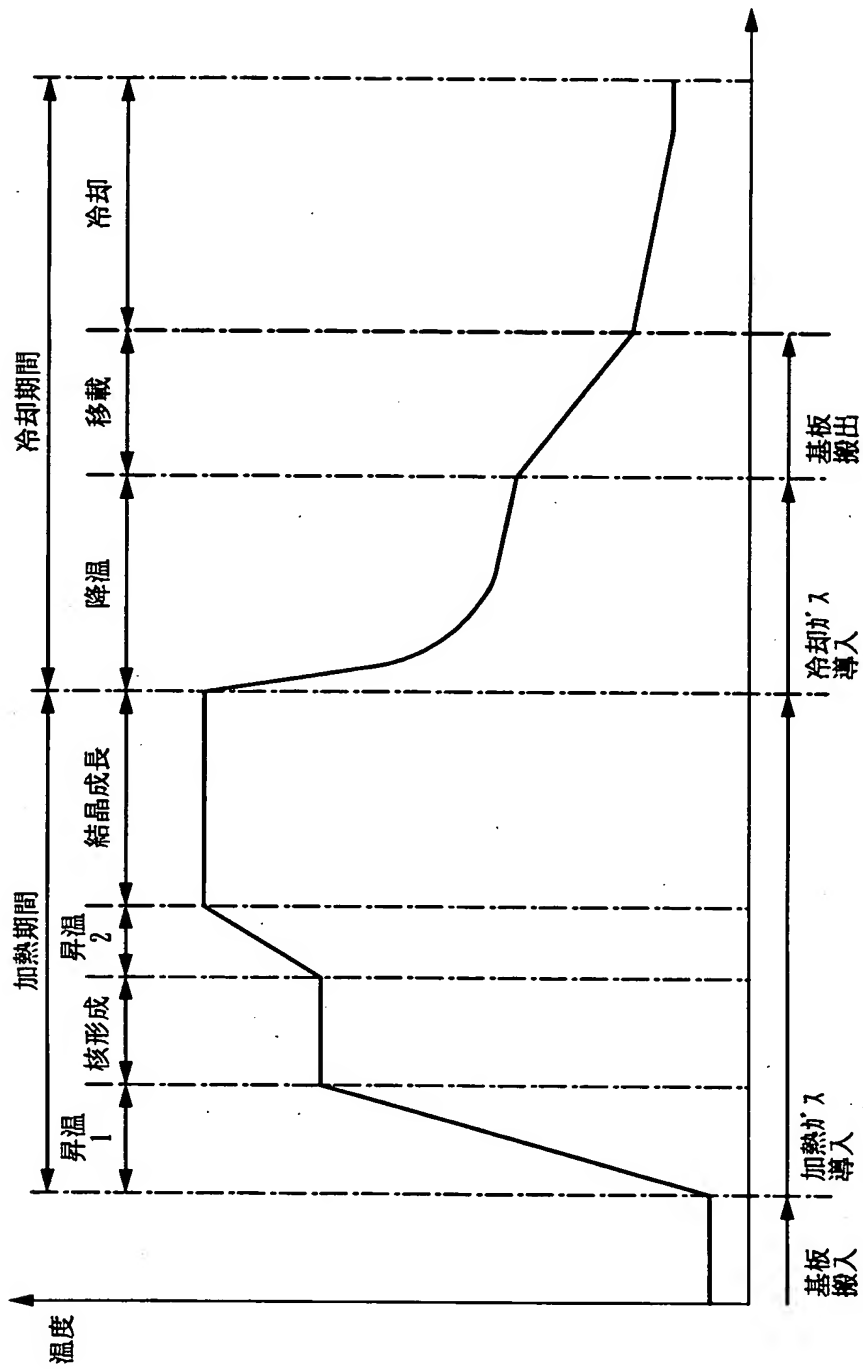
【図 4】



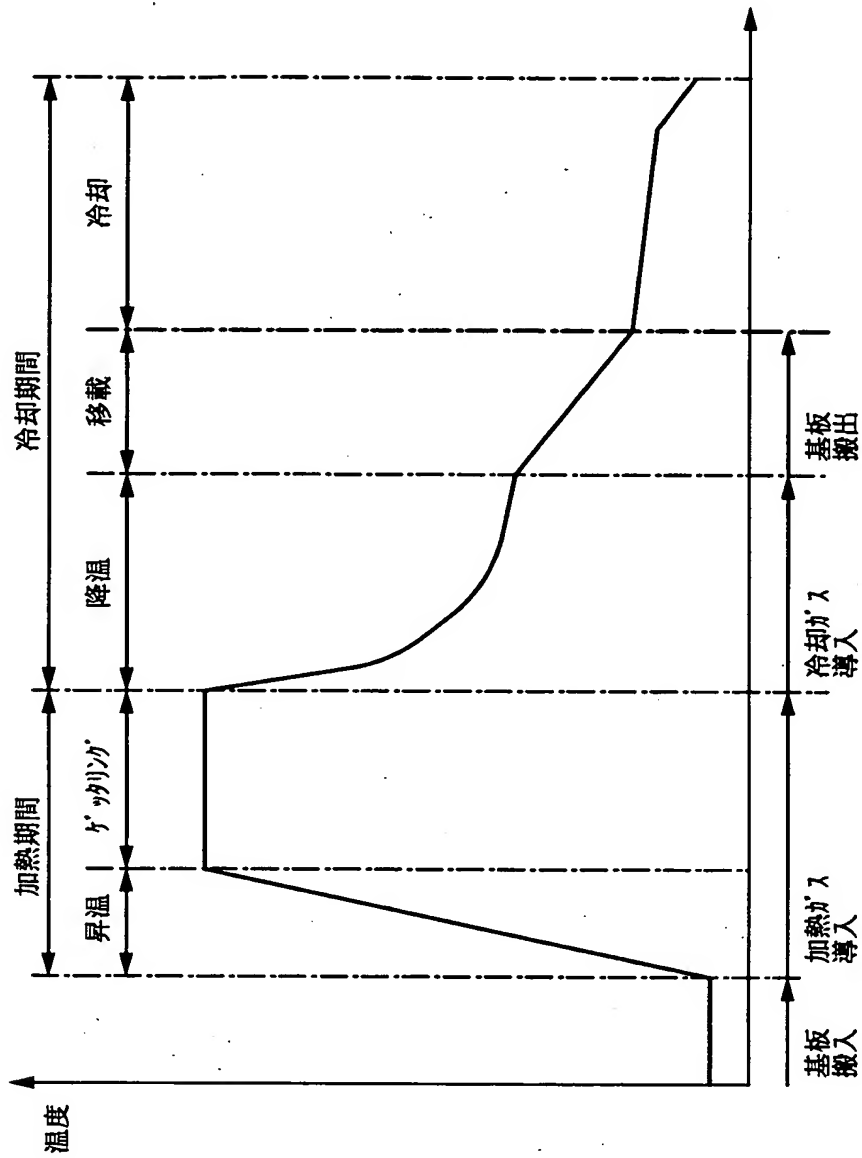
【図 5】



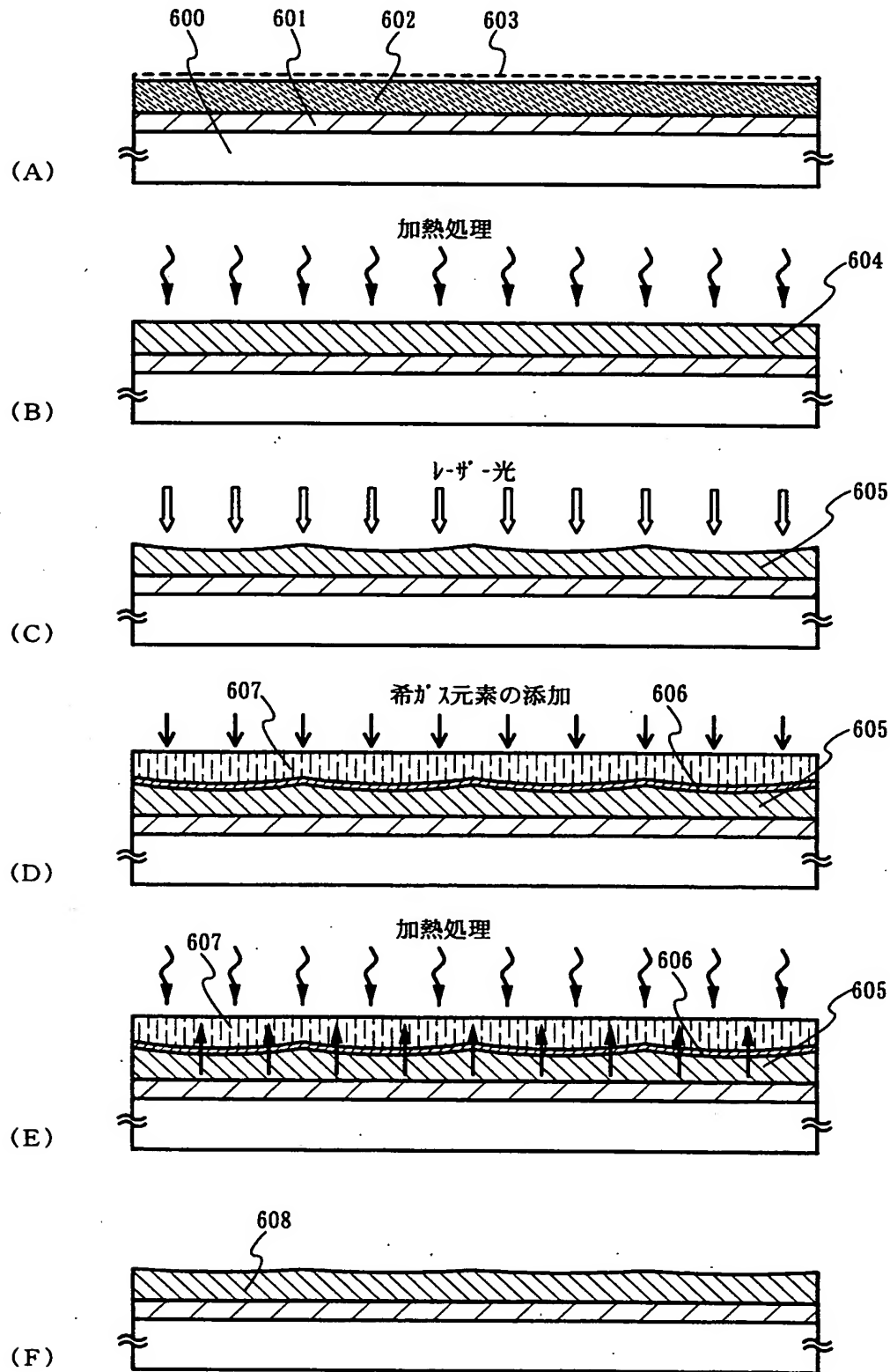
【図 6】



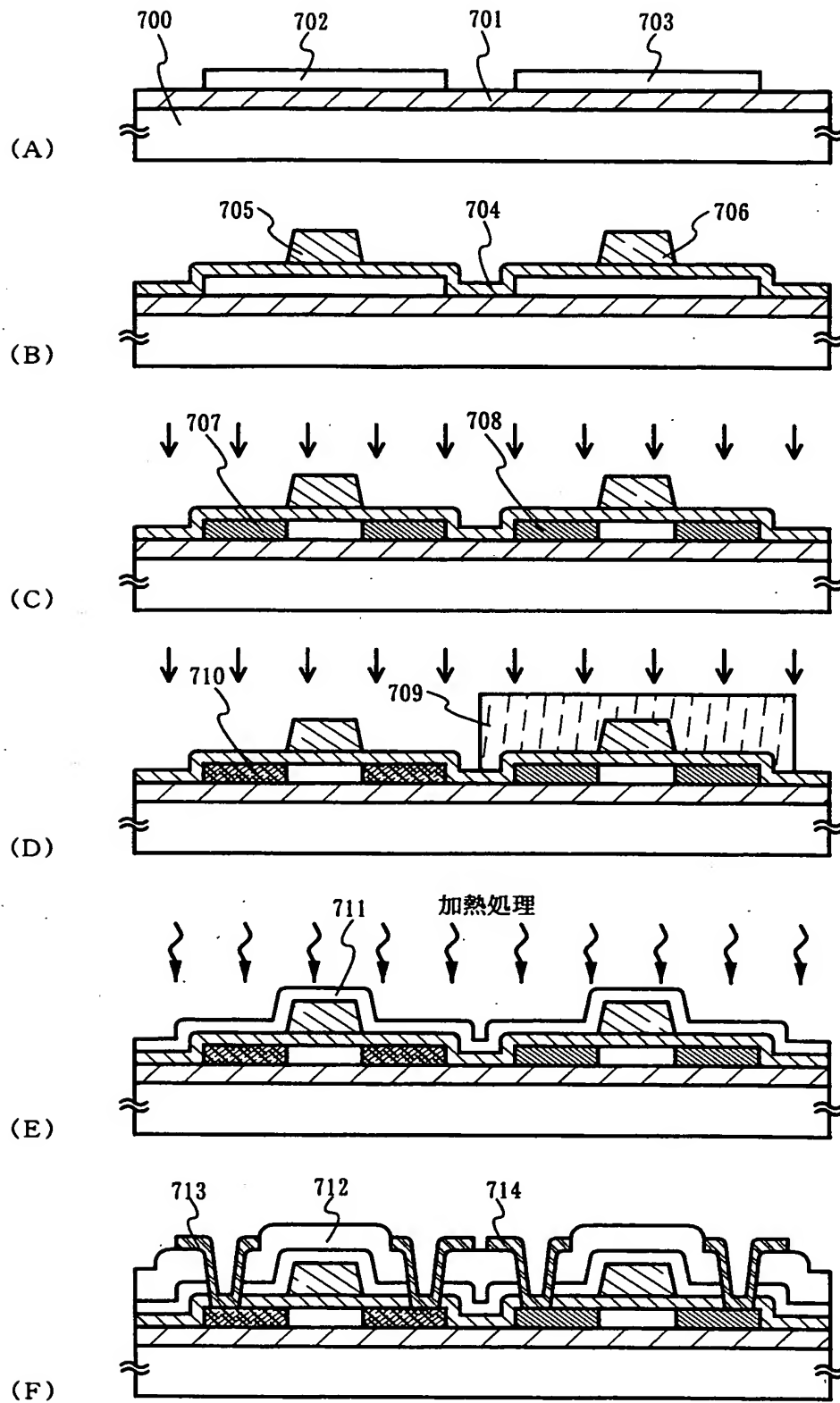
【図 7】



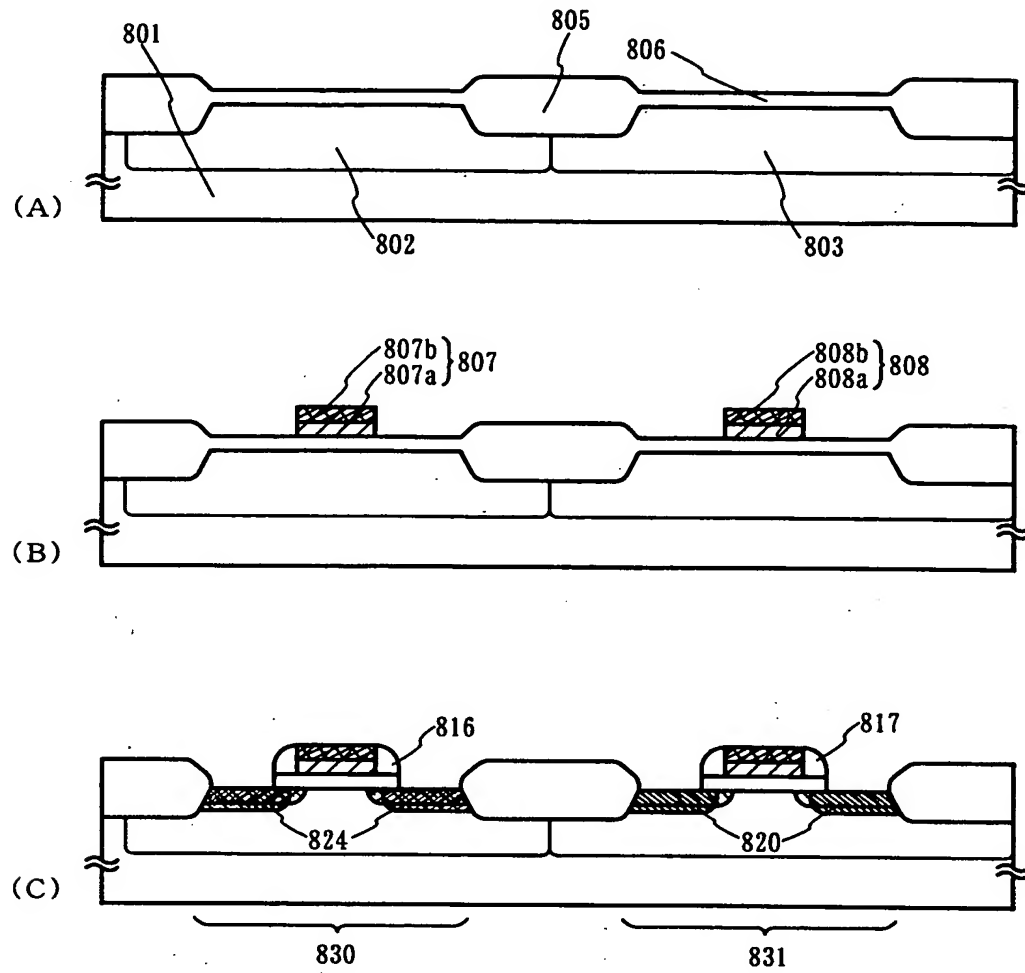
【図 8】



【図 9】



【図 1 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 短時間の熱処理で半導体に添加した不純物元素の活性化や、ゲッタリング処理をする方法と、そのような熱処理を可能とする熱処理装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 n 個 ($n > 2$) の処理室とガス加熱手段とを有し、第 m ($1 \leq m \leq (n - 1)$) の加熱手段により加熱したガスを第 m の処理室に供給し、第 m の処理室に供給したガスを第 $m + 1$ の加熱手段により加熱して第 $m + 1$ の処理室に供給し、第 n の処理室に供給したガスを熱交換器に供給し、ガス供給手段から供給されるガスを加熱するための熱源として用い、加熱手段により加熱されたガスを熱源として基板を加熱する熱処理装置を提供する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000153878]

1. 変更年月日 1990年 8月17日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県厚木市長谷398番地

氏 名 株式会社半導体エネルギー研究所